

107509628

DT04 Rec'd PCT/PTO 29 SEP 2004

DOCKET NO.: 259685 US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Akira UMEDA

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/04131

INTERNATIONAL FILING DATE: March 31, 2003

FOR: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING DYNAMIC LINEARITY OF
ACCELERATION SENSOR

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION

Commissioner for Patents
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

COUNTRY
Japan

APPLICATION NO
2002-097190

DAY/MONTH/YEAR
29 March 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/04131. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

Customer Number

22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 08/03)

#2
PCT/JP03/04131

日 本 国 特 許 庁

20.05.03

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 3月29日

REC'D 06 JUN 2003

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-097190

WIPO

PCT

[ST.10/C]:

[JP2002-097190]

出 願 人

Applicant(s):

独立行政法人産業技術総合研究所

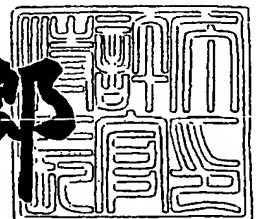
**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月 9日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3033512

【書類名】 特許願

【整理番号】 310-01624

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

【氏名】 梅田 章

【特許出願人】

【識別番号】 301021533

【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

【代表者】 吉川 弘之

【電話番号】 0298-61-3280

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 加速度センサの動的線形性計測方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、

前記端面の運動加速度を、該端面の運動速度を計測する光学測定器の信号を演算して求め、

前記加速度センサの加速度出力信号と、前記光学測定器で計測し演算した運動加速度とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項2】 金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を各々計測し、

前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって、飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージの計測信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項3】 金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到

達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、

前記金属棒側面に軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージの信号によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージの計測信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項 4】 金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、

前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項 5】 金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、

前記金属棒側面に軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージの信号によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々

計測し、

前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項 6】 金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を各々計測し、

前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記端面の運動を計測する光学測定器の信号により、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項 7】 金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、

前記金属棒側面に軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージの信号によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記端面の運動を計測する光学測定器の信号により、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項 8】 前記歪ゲージを前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求項 2 乃至 7 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項 9】 前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項 10】 前記光学機器はレーザ干渉計であることを特徴とする請求項 1、6、7 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測方法。

【請求項 11】 二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、

前記端面の運動速度を計測し運動加速度として演算する光学測定器と、

前記加速度センサの出力信号と、前記光学測定器で計測し演算した運動加速度とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 12】 二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージと、
前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージの計測信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 13】 二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、

前記加速度センサの出力信号と、前記各歪ゲージの代表位置における前記運動加速度により生じた歪計測信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 14】 二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージと、

前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 15】 二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到

達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、

前記歪ゲージの計測信号により代表位置の計測信号を求め、該代表位置の計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージの計測信号に基づく前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 1 6】 二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージと、

前記端面の運動を計測する光学測定器と、

前記光学測定器の信号により前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、
前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージのからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 1 7】 前記歪ゲージを前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求項 1 2 乃至 1 6 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 1 8】 前記光学測定器の信号により前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う際には、金属棒に前記加速度センサを取り付けない状態で行うことを特徴とする請求項 1 6 または 1 7 記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 1 9】 二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々

単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、

前記端面の運動を計測する光学測定器と、

前記光学測定器の信号により前記各歪ゲージの代表位置における前記運動加速度により生じた歪計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 2 0】 前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設けたことを特徴とする請求項 1 2 乃至 1 9 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 2 1】 前記光学測定器はレーザ干渉計であることを特徴とする請求項 1 1、1 6、1 9 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 2 2】 前記光学測定器の信号により前記各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う際には、前記金属棒に加速度センサを取り付けて行うことを特徴とする請求項 1 9 乃至 2 1 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 2 3】 前記飛翔体が異なる材料の積層構造をもつことを特徴とする請求項 1 1 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 2 4】 前記発射装置は、内側発射管、外側発射管各々を多重発射

管とすることにより、外側発射管、及び内側発射管から発射される飛翔体を多重化し、各々において飛翔体の発射の位相を制御することによって、金属棒内部に発生する弾性波の周波数帯域を狭帯域化することを特徴とする請求項11乃至22のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項25】 前記金属棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、スカラクの解析解の少なくとも1次の項を用いることを特徴とする請求項12乃至22のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項26】 前記金属棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、スカラクの解析解の高次の項迄を用いることを特徴とする請求項12乃至22のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項27】 金属棒端面の運動加速度計測、運動速度計測結果或いは歪ゲージ計測、波動伝播理論から導かれる加速度センサ入力加速度信号と加速度センサの出力信号を、周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を計測することを特徴とする請求項11乃至22のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項28】 前記2個の飛翔体の金属棒に対する衝突時刻の差を、第1の飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号と、第2の飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号とが、両飛翔体を同時に発射したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号を最も良く適合するパラメータとして求め、各飛翔体をそれぞれ単独で発射したときに得られる加速度センサの出力信号、両飛翔体を所定時間差で発射した時に得られる加速度センサの出力信号から加速度センサの動的線形性を計測する動的線形性演算手段を備えたことを特徴とする請求項11乃至22のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項29】 前記金属棒軸を軸線方向への剛性運動を拘束しないような点接触による支持手段により、水平に支持したことを特徴とする請求項11乃至22のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 3 0】 前記金属棒端面に金属球を接触させ、前記飛翔体の発射装置は、前記二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を、該金属球に対して発射時期を精密に制御して発射させ、金属棒内部に弾性波パルスが発生させることを特徴とする請求項 1 1 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【請求項 3 1】 波動の分散、波動の減衰、音速値の不確かさ、加速度センサの質量、ゲージの周波数応答などを補正する補正関数と、ゲージが貼り付けられた金属棒とを、個別の加速度センサに対応するために必要不可欠な交換部品セットとすることを特徴とする請求項 1 2 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術の分野】

本発明は、例えば車両衝突安全、ロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器、マイクロ運動デバイス等の、運動の計測が必要不可欠な分野において用いる、加速度を計測する方法及び装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来より、例えば車両衝突安全、ロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器、マイクロ運動デバイス等の、運動の計測が必要不可欠な分野においては加速度センサが用いられている。このような加速度センサによる正確な計測を維持するためにはその加速度センサの定期的な校正が必要となる。その校正に際して、従来最も信頼性が高い方法として、振動台に加速度センサを固定し、該振動台の運動をレーザ干渉計で計測し、その計測値と該振動台に固定した加速度センサの出力値とを比較することが行われている。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上記のような従来の加速度の校正技術においては、産業界が必要とする加速度レベル、周波数範囲における動的線形性の測定に関しては未だその

技術が確立されておらず、したがってその技術の国際規格は未だに定められていないのが実状である。

【0004】

一方、従来の加速度センサとして圧電加速度センサが存在する。この圧電加速度センサにおいては、非常に高い衝撃加速度まで計測できる特徴があり、その製品が市場に出て利用されている。しかしながら、このような圧電加速度センサにおいても、動的計測で非常に重要な要素である動的線形性を計測する手法は提案すらされておらず、したがって 10^6 m/s^2 程度の高い加速度レベル迄、実際に動的線形性が成立するのかは全く知られておらず、その点でこのセンサの信頼性が不十分である。

【0005】

一方、加速度の検出分野として地震計が存在するが、地震の計測のような低周波数での加速度計測では、振動台の寄生横揺れ振動の影響を評価する必要があるにもかかわらず、その評価が困難であり、同時に直線性の高い低周波数振動を実現することも困難であることから、直流分から加速度を計測できる加速度センサは、いまだに静的な校正しかなされていない。

【0006】

したがって本発明は、産業上において重要な分野で利用されている加速度センサについて、その分野で一般的に利用されている加速度値から、更に 10^6 m/s^2 程度迄の広い加速度範囲において、この加速度センサの動的線形性を正確且つ容易に計測し、加速度センサの校正を容易に行うことができるようにした加速度センサの校正方法及びその方法を実施する装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を以下に記載する基本的な考え方により解決したものである。即ち、一般に計測技術分野においては線形性が成り立たなければ、正確な計測は成り立たない。動的計測においても線形性は重要であるが、ゲインおよび位相に関して動的線形性を確かめることは一般に容易ではない。しかし、一般的定義としては、動的線形性は、入力信号 $x(t)$ に対する出力信号を $X(t)$ をとして、入

力信号 $y(t)$ に対する出力信号を $Y(t)$ とするとき、任意定数 a 、 b を用いて、入力信号 $a \cdot x(t) + b \cdot y(t)$ に対する出力信号が $a \cdot X(t) + b \cdot Y(t)$ となれば、動的線形性が成立する。

【 0 0 0 8 】

金属棒端面に測定対象の加速度センサを取り付け、棒の端面に内側発射管から発射される内側飛翔体を衝突させることによって発生した弾性波パルスがもう一方の端面に到達したときに生じる端面の運動加速度即ち加速度センサへの入力加速度信号 $a_{in,1}(t)$ と加速度センサの出力 $a_{out,1}(t)$ を求める。次に、棒の端面に外側発射管から発射される外側飛翔体を衝突させることによって発生した弾性波パルスがもう一方の端面に到達したときに生じる端面の運動加速度すなわち加速度センサへの入力加速度信号 $a_{in,2}(t)$ と加速度センサの出力 $a_{out,2}(t)$ を求める。

【 0 0 0 9 】

最後に内側飛翔体と外側飛翔体を同時に金属棒に衝突させた時に、加速度センサへの入力信号として作用する加速度信号は、弾性波の線形性から、 $a_{in,1}(t) + a_{in,2}(t)$ となる。この時に加速度センサの出力信号を $a_{out}(t)$ とする。線形性が成立するとすれば、出力信号は、 $a_{out,1}(t) + a_{out,2}(t)$ となるから、この信号と、 $a_{out}(t)$ を周波数領域あるいは時間領域で比較することによって、加速度センサの動的線形性をゲイン、位相に関して計測するという方法及びその方法を実施する装置とする。上記飛翔体が同時に発射される時の内側発射管からの飛翔体および外側発射管からの飛翔体は、それぞれ単独で発射される場合と同一形状であり、かつ発射圧力、発射管の内部での初期位置などが同一条件でなければならない。

【 0 0 1 0 】

上記基本的な考え方を元に、本発明は特許請求の範囲に記載した構成を備えるものであり、請求項 1 に係る発明は、金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面

の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、前記端面の運動加速度を、該端面の運動速度を計測する光学測定器の信号を演算して求め、前記加速度センサの加速度出力信号と、前記光学測定器で計測し演算した運動加速度とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【 0 0 1 1 】

また、請求項 2 に係る発明は、金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を各々計測し、前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージの計測信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【 0 0 1 2 】

また、請求項 3 に係る発明は、金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、前記金属棒側面に軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージの信号によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージの出力信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【 0 0 1 3 】

また、請求項4に係る発明は、金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した加速度信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【0014】

また、請求項5に係る発明は、金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、前記金属棒側面に軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージの信号によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【0015】

また、請求項6に係る発明は、金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運

動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を各々計測し、前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記端面の運動を計測する光学測定器の信号により、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した加速度信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【 0 0 1 6 】

また、請求項 7 に係る発明は、金属棒の一端部に二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、該他端部に設けた加速度センサで前記端面の運動加速度を計測し、前記金属棒側面に軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージの信号によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記端面の運動を計測する光学測定器の信号により、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 8 に係る発明は、前記歪ゲージを前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求項 2 乃至 7 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【 0 0 1 8 】

また、請求項 9 に係る発明は、前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各

箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 1 0 に係る発明は、前記光学機器はレーザ干渉計であることを特徴とする請求項 1、6、7 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測方法としたものである。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 1 1 に係る発明は、二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、前記端面の運動速度を計測し運動加速度として演算する光学測定器と、前記加速度センサの出力信号と、前記光学測定器で計測し演算した運動加速度とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 1 2 に係る発明は、二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージと、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージの計測信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 2 】

また、請求項 1 3 に係る発明は、二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端

部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、前記加速度センサの出力信号と、前記各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪計測信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 1 4 に係る発明は、二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージと、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 4 】

また、請求項 1 5 に係る発明は、二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、前記歪ゲージの計測信号により代表位置の計測信号を求め、該代表位置の計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージの計測信号に基づく前

記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 1 6 に係る発明は、二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージと、前記端面の運動を計測する光学測定器と、前記光学測定器の信号により前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージのからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 1 7 に係る発明は、前記歪ゲージを前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求項 1 2、1 4、1 6 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 1 8 に係る発明は、前記光学測定器の信号により前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う際には、金属棒に前記加速度センサを取り付けない状態で行うことを特徴とする請求項 1 6 または 1 7 記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 8 】

また、請求項 1 9 に係る発明は、二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端部に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔

体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、前記端面の運動を計測する光学測定器と、前記光学測定器の信号により前記各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 2 0 に係る発明は、前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設けたことを特徴とする請求項 1 3 または請求項 1 9 記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 0 】

また、請求項 2 1 に係る発明は、前記光学測定器はレーザ干渉計であることを特徴とする請求項 1 1、1 6、1 9、2 0 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 1 】

また、請求項 2 2 に係る発明は、前記光学測定器の信号により前記各歪ゲージの代表位置における前記運動加速度により生じた歪計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う際には、前記金属棒に加速度センサを取り付けて行うことを特徴とする請求項 1 9 乃至 2 1 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 2 】

また、請求項 2 3 に係る発明は、前記飛翔体が異なる材料の積層構造をもつことを特徴とする請求項 1 1 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 3 】

また、請求項 2 4 に係る発明は、前記発射装置は、内側発射管、外側発射管各々を多重発射管とすることにより、外側発射管、及び内側発射管から発射される飛翔体を多重化し、各々において飛翔体の発射の位相を制御することによって、金属棒内部に発生する弾性波の周波数帯域を狭帯域化することを特徴とする請求項 1 1 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 4 】

また、請求項 2 5 に係る発明は、前記金属棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、スカラの解析解の少なくとも 1 次の項を用いることを特徴とする請求項 1 2 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 5 】

また、請求項 2 6 に係る発明は、前記金属棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、スカラの解析解の高次の項迄を用いることを特徴とする請求項 1 2 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 6 】

また、請求項 2 7 に係る発明は、金属棒端面の運動加速度計測、運動速度計測結果或いは歪ゲージ計測、波動伝播理論から導かれる加速度センサ入力加速度信号と加速度センサの出力信号を、周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を計測することを特徴とする請求項 1 1 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 7 】

また、請求項 2 8 に係る発明は、前記 2 個の飛翔体の金属棒に対する衝突時刻の差を、第 1 の飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号と、第 2 の飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号とが、両飛翔体を同時に発射したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号を最も良く適合するパラメータとして求め、各

飛翔体をそれぞれ単独で発射したときに得られる加速度センサの出力信号、両飛翔体を所定時間差で発射した時に得られる加速度センサの出力信号から加速度センサの動的線形性を計測する動的線形性演算手段を備えたことを特徴とする請求項 1 1 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 8 】

また、請求項 2 9 に係る発明は、前記金属棒軸を軸線方向への剛性運動を拘束しないような点接触による支持手段により、水平に支持したことを特徴とする請求項 1 1 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 3 9 】

また、請求項 3 0 に係る発明は、前記飛翔体の発射装置は、前記金属棒端面に金属球を接触させ、前記二重の発射管から同心円上に配置した 2 個の飛翔体を、該金属球に対して発射時期を精密に制御して発射させ、金属棒内部に弾性波パルスが発生させることを特徴とする請求項 1 1 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 4 0 】

また、請求項 3 1 に係る発明は、波動の分散、波動の減衰、音速値の不確かさ、加速度センサの質量、ゲージの周波数応答などを補正する補正関数と、ゲージが貼り付けられた金属棒とを、個別の加速度センサに対応するために必要不可欠な交換部品セットとすることを特徴とする請求項 1 2 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの動的線形性計測装置としたものである。

【 0 0 4 1 】

【発明の実施の形態】

本発明は種々の態様によって実施することができるが、図 1 に示す実施例においては、金属棒 1 の第 1 端面 2 に後述するような飛翔体 3 を衝突させて衝撃を加え、内部に弾性波パルスが発生させるものであり、中心発射管 4、外側発射管 5 の二重の多重発射管 7 を用い、この多重発射管 7 から内外 2 個の多重の飛翔体 3 を発射させる。図示実施例では中心発射管 4 の内部から略円筒状の内側飛翔体 8

を内側発射装置 9 により、また中心発射管 4 と外側発射管 5 との間の環状空間から環状の外側飛翔体 1 0 を外側発射装置 1 1 により各々独立して発射できるようにしている。この発射の状態はレーザ光源 2 7 からのレーザを金属棒 1 の前方において、2 本間隔を設けて照射し、このレーザ光を遮る状態を受光素子 2 8、2 8 で検出し、その時間差をカウンタ 2 9 によって計測し、そのデータをパソコン 2 6 に入力して検出することができる。

【 0 0 4 2 】

上記各飛翔体の発射に際しては、弁開閉制御装置 1 5 により第 1 弁 1 6 を解放し、第 1 高圧空気源 1 7 からの高圧空気を内側発射装置 9 に供給することにより、内側発射管 4 内の内側飛翔体 8 を金属棒 1 の第 1 端面 2 に向けて発射させる。内側飛翔体 8 が金属棒 1 の第 1 端面 2 に衝突すると、金属棒 1 内には衝撃加速度の弾性波が発生して金属棒 1 内を伝播する。また、弁開閉制御装置 1 5 により前記第 1 弁 1 6 の解放後の所定時間後に第 2 弁 1 8 を解放し、第 2 高圧空気源 1 9 からの高圧空気を外側発射装置 1 1 に供給することにより、中心発射管 4 と外側発射管 5 との間に配置した環状の外側飛翔体 1 0 を金属棒 1 の第 1 端面 2 に向けて発射させる。外側飛翔体 1 0 が金属棒 1 の第 1 端面 2 に衝突すると、金属棒 1 内には前記と同様の衝撃加速度の弾性波が前記第 1 飛翔体 8 の衝突による弾性波の発生に対して時間遅れで発生し金属棒 1 内を伝播する。

【 0 0 4 3 】

このようにして金属棒 1 内に発生した各衝撃加速度の弾性波により、金属棒 1 内には合成衝撃加速度の波形が生じることとなり、この波形が金属棒 1 の第 2 端面 2 2 に対して伝播する。このように、飛翔体を複数用い、各飛翔体の発射時期を任意に設定することにより、重ね合わせの原理により全体として所定の継続時間の衝撃加速度波形を発生することが可能となる。

【 0 0 4 4 】

これらの発射管 4、5 の各飛翔体 8、1 0 との接触面、または各飛翔体の外周面には潤滑処理、或いは低摩擦係数化する表面処理層を設けることが好ましい。また、個々の飛翔体の発射により金属棒 1 内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を狭くするために、飛翔体先端部に高分子材料、プラスチック、木材な

どを取り付けても良い。その際には、飛翔体本体部が金属、高分子材料、あるいはプラスチック、木材など異なる材料との積層構造をもつような多重飛翔体を用いても良い。

【0045】

上記のような金属棒1の第1端面2において発生した弾性波パルスは、金属棒1内部を伝播してもう一方の第2端面22に到達して反射する。反射の過程で発生する端面に垂直な方向の衝撃加速度が、その端面に取りつけた校正対象である加速度センサ23への入力となる。また、衝撃加速度の精密な測定は歪ゲージ25、またはレーザ干渉計24により、更には必要に応じて両方を用いることにより測定し、加速度センサ23の計測値と比較を行う。

【0046】

発生する衝撃加速度の検出に際して棒側面に貼り付けた歪ゲージ25を用いる際には、歪ゲージ25を単体で実施することができるが、金属棒の軸線方向に一列に複数配置しても良く、この列を更に複数列配置しても良い。図1に示す例においては、第1端面2から1列に、 L_1 、 L_2 、 L_N ずつ離れてN個配置し、これを3列配置した例を示している。複数個の歪ゲージを用いる際には、各ゲージの出力信号を演算装置としてのパソコン26に入れ、これを信号処理して代表位置でのゲージ出力の周波数特性を求め、予め求めておいた補正関数を用いてレーザ干渉計24で計測した結果と同等の結果が得られるようにする。なお、上記実施例においては、レーザ干渉計24と歪ゲージ25を用いた例を示しているが、いずれか片方のみでも本発明を実施することができる。

【0047】

上記装置において、種々の態様で本発明を実施することができるが、入力加速度をレーザ干渉計による速度の計測から求めて、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、発射管から発射された飛翔体が、金属棒端面に衝突して発生した弾性波パルスが加速度センサを取り付けた端面に到達して反射するときに発生する時間(t)の関数としての衝撃的加速度($a(t)$)は、金属棒内部の縦波弾性波速度(C)と端面での入射弾性波パルスのひずみ($\varepsilon(t)$)とによって、以下の

式で表される。なお、 $\dot{}$ は時間に関する微分を表す。

【数 1】

$$a(t) = 2C\dot{\varepsilon}(t)$$

(1. 1)

【0048】

そこで、内側発射管から飛翔体が発射される場合に端面に発生する加速度と入射弾性波パルスのひずみを、それぞれ $a_{in,1}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,1}(t)$ とする。外側発射管から飛翔体が発射される場合に端面に発生する加速度と入射弾性波パルスのひずみを、それぞれ $a_{in,2}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,2}(t)$ 、とすると以下の式が成立する。

【数 2】

$$a_{in,1}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{in,1}(t)$$

(1. 2)

【数 3】

$$a_{in,2}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{in,2}(t)$$

(1. 3)

【0049】

レーザ干渉計で計測できるのは端面の運動速度であるから、内側発射体と外側発射体によりそれぞれ発生する端面の運動速度を $v_{in,1}(t)$ 、 $v_{in,2}(t)$ とすると以下の数式が成立する。

【数 4】

$$v_{in,1}(t) = 2C\varepsilon_{in,1}(t)$$

(1. 4)

【数 5】

$$v_{in,2}(t) = 2C\varepsilon_{in,2}(t)$$

(1. 5)

【0050】

したがって、内側飛翔体を単独で発射した場合、外側飛翔体を単独で発射した場合、また、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に、且つ前記単独で発射したときと同一の条件で発射した場合の各レーザ干渉計で計測する端面の運動速度を、それぞれ $v_{in,L,1}(t)$ 、 $v_{in,L,2}(t)$ 、 $v_{in,L,1+2}(t)$ とすると以下の式が成立する。

【数6】

$$a_{in,L,1}(t) = \int v_{in,L,1}(\tau) d\tau$$

(1. 6)

【数7】

$$a_{in,L,2}(t) = \int v_{in,L,2}(\tau) d\tau$$

(1. 7)

【数8】

$$a_{in,L,1+2}(t) = \int v_{in,L,1+2}(\tau) d\tau$$

(1. 8)

【0051】

その時の加速度センサの出力信号をそれぞれの場合で、 $a_{out,L,1}(t)$ 、 $a_{out,L,2}(t)$ 、 $a_{out,L,1+2}(t)$ とすると、下記の (1. 9) 式が成立する範囲内で、(1. 10) 式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数9】

$$a_{in,L,1+2}(t) = a_{in,L,1}(t) + a_{in,L,2}(t)$$

(1. 9)

【数 10】

$$a_{out,L,1+2}(t) = a_{out,L,1}(t) + a_{out,L,2}(t)$$

(1. 10)

【0052】

なお、内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると、次の (1. 11) 式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数 11】

$$a_{out,L,1+2}(t) = a_{out,L,1}(t) + a_{out,L,2}(t - \Delta t)$$

(1. 11)

【0053】

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から任意の距離に1個設け、或いはそれと同じ距離の円周上に複数設け、その計測信号をそのまま用いて、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、図1に示す装置の例において、飛翔体の衝突する端面から距離 L_1 に貼ってある歪ゲージの出力信号について、内側飛翔体を単独で発射した場合、外側飛翔体を単独で発射した場合、また、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に、且つ前記単独で発射したときと同一の条件で発射した場合の各々について、 $\varepsilon_{L1,out,1}(t)$ 、 $\varepsilon_{L1,out,2}(t)$ 、 $\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)$ とする。この場合、ひずみゲージの周波数応答特性、弾性波の分散、減衰、音速値の不確かさなどを考慮しないので、ゲージの出力信号である歪みがそのまま加速度センサ取り付け面への入射弾性波パルスの歪みになるとみなす。

【0054】

$\varepsilon_{L1,out,1}(t)$ 、 $\varepsilon_{L1,out,2}(t)$ 、 $\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)$ に対応する加速度センサの出力信号を、 $a_{L1,out,1}(t)$ 、 $a_{L1,out,2}(t)$ 、 $a_{L1,out,1+2}(t)$ とすれば、(2. 1) 式が成立する範囲内で、(2. 2) 式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性の計測を行うことができる

【数 1 2】

$$2C\dot{\varepsilon}_{L1,out,1+2}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{L1,out,1}(t) + 2C\dot{\varepsilon}_{L1,out,2}(t) \quad (2.1)$$

【数 1 3】

$$a_{L1,out,1+2}(t) = a_{L1,out,1}(t) + a_{L1,out,2}(t) \quad (2.2)$$

【0055】

なお、内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると、次の (2.3) 式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数 1 4】

$$a_{L1,out,1+2}(t) = a_{L1,out,1}(t) + a_{L1,out,2}(t - \Delta t) \quad (2.3)$$

【0056】

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から、軸線方向に沿って複数個設け、各歪ゲージの出力をそのまま用いて、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、図1に示す装置の例において、金属棒の軸方向に複数個設ける歪ゲージは、金属棒の衝撃端面である第1端面から、 L_n ($n=1 \cdots N$) だけ離れた位置に貼られているとする。また、棒の軸方向の複数位置に貼り付けたゲージの代表位置を L_1 とする。この場合、各 L_n ($n=1 \cdots N$) 位置において、加速度センサを取りつけた端面への入射波と、反射波は分離して観察されなければならない。

【0057】

弾性波の伝播理論から衝撃端面から十分離れた丸棒断面での弾性波パルスの歪みは、平面波となるため衝撃端面からの距離 z と時間 t ($t=0$ で飛翔体の衝突

が始まるとする) で解析的に表すことが可能である。そこで、平面波としての丸棒内部のひずみ ($\varepsilon(z, t)$) を次式で表すことにする。

【数 15】

$$\varepsilon(z, t) = F(z, t)$$

(3. 1)

【0058】

但し、 $F(z, t)$ は次のように表される。(スカラク (Skalak) の解、級数展開の第一項目)

【数 16】

$$F(z, t) = \varepsilon_t(t, z) - \varepsilon_t\left(t - \frac{2l_p}{C_p}, z\right)$$

(3. 2)

但しここで、

t : 時刻

l_p : 飛翔体の長さ

C_p : 飛翔体の中の縦波弾性波の伝播速度

$\varepsilon_t(t, z)$: スカラクの解析解の一次項

【数 17】

$$\varepsilon_t(t, z) = \frac{V_1}{\pi C_a} \left[\int_0^\infty \frac{\sin(\alpha_1 \eta + \eta^3/3)}{\eta} d\eta + \int_0^\infty \frac{\sin(\alpha_2 \eta + \eta^3/3)}{\eta} d\eta \right]$$

(3. 3)

【数 18】

$$\alpha_1 = \frac{Z - C_a t}{\left[\frac{3}{16} v^2 D_a^2 C_a t \right]^{1/3}}$$

(3. 4)

【数 19】

$$\alpha_2 = \frac{-Z - C_a t}{\left[\frac{3}{16} v^2 D_a^2 C_a t \right]^{\frac{1}{3}}} \quad (3.5)$$

但しここで、

 V_1 : 飛翔体の衝突速度 t : 衝突後の経過時間 v : ポアソン比 D_a : 金属棒の直径 z : 金属棒の軸方向の座標

【0059】

多数のひずみゲージを用いて感度を上げるために、以下の手順を取る。位置 L_n ($n=1 \cdots N$) における複数個のゲージ出力の断面での平均値を、 $\varepsilon_{Ln}(t)$ ($t=0$ は衝突開始時間) とする。波動伝播に時間がかかり、位置 L_n ($n=1 \cdots N$) におけるひずみゲージの出力信号は同相ではないので、以下の手順により前記 (3.3) 式を用いて代表位置 L_1 に貼ってあるゲージの出力と等価な出力に変換することができる。

【数 20】

$$\varepsilon_n^e(t) = L^{-1} \left[L[\varepsilon_{Ln}(t)] \frac{L[F(L_1, t - \frac{(L_n - L_1)}{C})]}{L[F(L_n, t)]} \right] \quad (n=2 \cdots N) \quad (3.6)$$

ここで、

【数 21】

 L, L^{-1}

は、ラプラス演算子、逆ラプラス演算子である。したがって、代表位置におけ

る弾性波パルスの歪み $\varepsilon_r(L_1, t)$ は以下の式で表される。

【数 2 2】

$$\varepsilon_r(L_1, t) = \frac{1}{N} \left[\varepsilon_{L1}(L_1, t) + \sum_{n=2}^N \varepsilon_n^e(t) \right] \quad (3. 7)$$

【0060】

このように複数の歪ゲージを用い、出力信号の加算平均を計算することにより、ノイズの影響を減らし微小動的歪の計測が可能になる。

上記の態様においては、代表位置から加速度センサ取り付け端面までの弾性波パルスの伝播による弾性波動の分散、減衰などは考慮しない。歪ゲージの動特性を考慮した補正も行わない。そこで、内側飛翔体を単独で発射した場合、外側飛翔体を単独で発射した場合、また、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に、且つ前記単独で発射したときと同一の条件で発射した場合の各々について、代表位置における代表ひずみ信号を、 $\varepsilon_{r,1}(L_1, t)$ 、 $\varepsilon_{r,2}(L_1, t)$ 、 $\varepsilon_{r,1+2}(L_1, t)$ とすると、複数個のひずみゲージの代表位置から加速度センサ取り付け端面までの距離は、 $L - L_1$ であるから、それぞれの場合に加速度センサ取り付け端面に発生する加速度 $a(t)$ は、次式で表される。

【数 2 3】

$$a_{in,1}^r(t) = 2C \dot{\varepsilon}_{r,1}(L_1, t - \frac{L - L_1}{C}) \quad (3. 8)$$

【数 2 4】

$$a_{in,2}^r(t) = 2C \dot{\varepsilon}_{r,2}(L_1, t - \frac{L - L_1}{C}) \quad (3. 9)$$

【数 2 5】

$$a_{in,1+2}^r(t) = 2C \dot{\varepsilon}_{r,1+2}(L_1, t - \frac{L - L_1}{C}) \quad (3. 10)$$

【0061】

上記(3.8)、(3.9)、(3.10)の入力加速度に対応する加速度センサの出力信号をそれぞれ、 $a_{out,1}^r(t)$ 、 $a_{out,2}^r(t)$ 、 $a_{out,1+2}^r(t)$ とすると、次の(3.11)式が成立する範囲内で(3.12)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数26】

$$a_{in,1+2}^r(t) = a_{in,1}^r(t) + a_{in,2}^r(t) \quad (3.11)$$

【数27】

$$a_{out,1+2}^r(t) = a_{out,1}^r(t) + a_{out,2}^r(t) \quad (3.12)$$

【0062】

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(3.13)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。が動的線形性の計測である。

【数28】

$$a_{out,1+2}^r(t) = a_{out,1}^r(t) + a_{out,2}^r(t - \Delta t) \quad (3.13)$$

【0063】

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から任意の距離に1個設け、或いはそれと同じ距離の円周上に複数設け、その計測信号を理論的に補正して、金属棒の端面への入射弾性波パルスの歪みを求め、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、図1に示す装置の例において、軸方向の一箇所に貼り付けた歪ゲージ出力を、

弾性波理論で補正して端面への入射弾性波パルスを求める。しかし、このときゲージの周波数応答は無視される。前記(1.2)式、(1.3)式で示される歪信号は、衝突端面から距離 L_1 の位置に貼られているとし、内側飛翔体のみの衝突で発生した歪信号を $\varepsilon_{in,1}(L_1, t)$ 、外側飛翔体のみの衝突で発生した歪信号を $\varepsilon_{in,2}(L_1, t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に衝突した時の歪信号を $\varepsilon_{in,1+2}(L_1, t)$ とすると以下の式が成立する。

【数29】

$$\frac{L[\varepsilon_{in,1}(t)]}{L[\varepsilon_{in,1}(L_1, t)]} = \frac{L[\varepsilon_{in,2}(t)]}{L[\varepsilon_{in,2}(L_1, t)]} = \frac{L[\varepsilon_{in,1+2}(t)]}{L[\varepsilon_{in,1+2}(L_1, t)]} = \frac{L[F(L, t)]}{L[F(L, t)]} \quad (4.1)$$

【0064】

$\varepsilon_{in,1+2}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,1+2}(L_1, t)$ を、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に発射した時の、加速度センサを取り付けた端面への入射弾性波パルスのひずみ、衝突端面から距離 L_1 に貼られた歪ゲージの出力信号とする。前記(3.14)式から求まる $\varepsilon_{in,1}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,2}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,1+2}(t)$ 及び各々に対応する加速度センサの出力信号、 $a_{out,1}(t)$ 、 $a_{out,2}(t)$ 、 $a_{out,1+2}(t)$ を用いると、次の(4.2)式が成立する周波数、加速度範囲内において、(4.3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数30】

$$2C\dot{\varepsilon}_{in,1+2}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{in,1}(t) + 2C\dot{\varepsilon}_{in,2}(t) \quad (4.2)$$

【数31】

$$a_{out,1+2}(t) = a_{out,1}(t) + a_{out,2}(t) \quad (4.3)$$

【0065】

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(4.4)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数32】

$$a_{out,1+2}(t) = a_{out,1}(t) + a_{out,2}(t - \Delta t) \quad (4.4)$$

【0066】

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から、軸線方向に沿って複数個設け、これらの歪ゲージから得られる出力を理論的に補正して、端面への入射弾性波パルスの歪みを求め、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、図1に示す装置の例において、軸方向に複数個貼り付けたひずみゲージ出力から代表値を計算する方法として前記(3.7)式に示す方法を用い、衝撃端面からの所定距離の代表位置における歪ゲージ出力信号を、内側飛翔体を単独で発射する場合($\varepsilon_{r,1}(L_1, t)$)、外側飛翔体を単独で発射する場合($\varepsilon_{r,2}(L_1, t)$)、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に金属棒に衝突させる場合($\varepsilon_{r,1+2}(L_1, t)$)について求める。

【数33】

$$\frac{L[\varepsilon_{in,1}^{rc}(t)]}{L[\varepsilon_{r,1}(L_1, t)]} = \frac{L[\varepsilon_{in,2}^{rc}(t)]}{L[\varepsilon_{r,2}(L_1, t)]} = \frac{L[\varepsilon_{in,1+2}^{rc}(t)]}{L[\varepsilon_{r,1+2}(L_1, t)]} = \frac{L[F(L, t)]}{L[F(L_1, t)]} \quad (5.1)$$

【0067】

$\varepsilon_{r,1}(L_1, t)$ 、 $\varepsilon_{r,2}(L_1, t)$ 、 $\varepsilon_{r,1+2}(L_1, t)$ のそれぞれに対応する加速度センサの出力を、 $a_{out,1}^{rc}(t)$ 、 $a_{out,2}^{rc}(t)$ 、 $a_{out,1+2}^{rc}(t)$ とする。このように決めれば、次の(5.2)式が成立する周波数、加速度範囲内において、(5.3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数 3 4】

$$2C\dot{\varepsilon}_{in,1+2}^{rc}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{in,1}^{rc}(t) + 2C\dot{\varepsilon}_{in,2}^{rc}(t)$$

(5. 2.)

【数 3 5】

$$a_{out,1+2}^{rc}(t) = a_{out,1}^{rc}(t) + a_{out,2}^{rc}(t)$$

(5. 3)

【0068】

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(5. 4)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数 3 6】

$$a_{out,1+2}^{rc}(t) = a_{out,1}^{rc}(t) + a_{out,2}^{rc}(t - \Delta t)$$

(5. 4)

【0069】

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から任意の距離に1個設け、或いはそれと同じ距離の円周上に複数設け、その計測信号をレーザ干渉計で計測した結果により補正して、金属棒の端面への入射弾性波パルスの歪みを求め、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、図1に示す装置の例において、干渉計により棒端面の運動速度($v_L(t)$)が測定され、入射弾性波パルスの歪み($\varepsilon_{iL}(t)$)との関係は、 $v_L(t) = 2C\varepsilon_{iL}(t)$ で表される。入力加速度の線形性を検証するためにひずみゲージ出力から加速度センサへの入力加速度を推定するときに、ゲージの周波数応答を補正し、弾性波動の伝播の分散、減衰、加速度センサの質量の影響などを干渉計出力をもとに補正する。

【0070】

軸方向に一箇所に貼り付けてあるひずみゲージの衝突端面からの位置を、 L_1 とする。ゲージからの出力信号について、内側飛翔体が単独で発射された場合を $\varepsilon_{L1,out,1}(t)$ 、外側飛翔体が単独で発射された場合を $\varepsilon_{L1,out,2}(t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に発射される場合を $\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)$ とする。このとき、ゲージの出力信号を加速度センサ取り付け端面への入射弾性波パルスのひずみに変換する以下の補正関数($G_{CL}(j\omega)$)を求める。

【数 3 7】

$$G_{CL}(j\omega) = \frac{L \left[\varepsilon_{L1,out} \left(t - \frac{L-L_1}{C} \right) \right]}{L[\varepsilon_{IL}(t)]} \quad (6.1)$$

【0071】

このように決めれば、内側飛翔体が単独で発射された場合の加速度センサ出力を $a_{out,1}^{CL1}(t)$ 、外側飛翔体が単独で発射された場合の加速度センサ出力を $a_{out,2}^{CL1}(t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に発射される場合の加速度センサ出力を $a_{out,1+2}^{CL1}(t)$ として、次の(6.2)式が成立する周波数、加速度範囲内において、(6.3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数 3 8】

$$2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) = 2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) + 2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) \quad (6.2)$$

【数 3 9】

$$a_{out,1+2}^{CL1}(t) = a_{out,1}^{CL1}(t) + a_{out,2}^{CL1}(t) \quad (6.3)$$

【0072】

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(6.4)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数40】

$$a_{out,1+2}^{CL1}(t) = a_{out,1}^{CL1}(t) + a_{out,2}^{CL1}(t - \Delta t)$$

(6.4)

【0073】

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から、軸線方向に沿って複数個設け、これらの歪ゲージから得られる出力をレーザ干渉計で計測した結果により補正して、端面への入射弾性波パルスの歪みを求め、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、図1に示す装置の例において、前記(3.7)式で求められる代表位置におけるひずみゲージ出力信号に関して、内側飛翔体が単独で発射された場合を $\varepsilon_{r,1}^N(L_1, t)$ 、外側飛翔体が単独で発射された場合を $\varepsilon_{r,2}^N(L_1, t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に発射される場合を $\varepsilon_{r,1+2}^N(L_1, t)$ とする。

【0074】

内側飛翔体が単独で発射された場合の加速度センサ出力を $a_{out,1}^{CLN}(t)$ 、外側飛翔体が単独で発射された場合の加速度センサ出力を $a_{out,2}^{CLN}(t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に発射される場合の加速度センサ出力を $a_{out,1+2}^{CLN}(t)$ として、次の(7.1)式が成立する周波数、加速度範囲内において、(7.2)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数 4 1】

$$2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{r,1+2}^N(L_1, t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) = 2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{r,1}^N(L_1, t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) + 2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{r,2}^N(L_1, t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) \quad (7. 1)$$

【数 4 2】

$$a_{out,1+2}^{CLN}(t) = a_{out,1}^{CLN}(t) + a_{out,2}^{CLN}(t) \quad (7. 2)$$

【0075】

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(7. 3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数 4 3】

$$a_{out,1+2}^{CLN}(t) = a_{out,1}^{CLN}(t) + a_{out,2}^{CLN}(t - \Delta t) \quad (7. 3)$$

【0076】

本発明は上記のような加速度センサの動的線形性を計測する手段を基本とし、更に種々の態様で実施することができ、前記のように飛翔体の先端部に高分子材料、プラスチックなどを取り付けて積層化し、或いは飛翔体本体内部が金属、高分子材料、或いはプラスチックなどの異なる材料を適宜積層して全体として積層構造をもつような飛翔体を用いることにより、金属棒内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を任意に制御してもよい。

【0077】

また、発射管を内側発射管と外側発射管の二重にしたものにおいて、この発射管から同心円上に配置した2個の飛翔体を発射させるに際し、内側発射管、外側

発射管各々を多重発射管とすることにより、外側発射管、および内側発射管から発射される飛翔体を多重化し、各々において飛翔体の発射の位相を制御することにより、金属棒内部に発生する弾性波の周波数帯域を狭帯域化する手法を採用しても良い。

【0078】

また、金属棒中の弾性波伝播の理論によって歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡ひずみ信号を求める際に、スカラクの解析解の少なくとも1次の項を用いても良く、更に精度をあげるために解析解の高次の項迄をも用いても良い。

【0079】

また、金属棒端面の運動加速度計測、運動速度計測結果あるいは歪ゲージ計測、波動伝播理論から導かれる加速度センサ入力加速度信号と加速度センサの出力信号を周波数領域で比較することにより、加速度センサの周波数応答特性を求めるための前提として必要不可欠である加速度センサの動的線形性を計測することができるようになる。

【0080】

また、二個の飛翔体の衝突の非同時性を考慮するために、内側発射管からの第1飛翔体と外側発射管からの第2飛翔体の金属棒に対する衝突時刻の差(Δt)を、第1飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号と第2飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号が、両飛翔体を同時に発射したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号を最も良く適合するようなパラメータとして求め、第1飛翔体および第2飛翔体をそれぞれ単独で発射した場合に得られる加速度センサの出力信号、時間差があるが第1飛翔体と第2飛翔体をほぼ同時に発射した時に得られる加速度センサの出力信号から加速度センサの動的線形性を計測するようにしても良い。

【0081】

また、弾性波パルスを伝播させる金属棒を水平に維持し、軸方向への剛体運動を拘束しないように、ボールベアリング、コロ軸受けなどを利用して点接触によ

って支持し、弾性波の伝播への影響を最小限にするようにしても良い。

【0082】

また、金属丸棒端面に金属球を接触させるように取り付け、その球に対して同心円状の多重の発射管から、発射タイミングを精密に制御した飛翔体を発射させて、金属棒内部に弾性波パルスが発生させるようにしても良い。

【0083】

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から任意の距離に1個設け、或いはそれと同じ距離の円周上に複数設けると、歪ゲージの出力信号に対して、波動の分散、減衰、音速値の不確かさ、を補正するための補正関数をレーザ干渉計による計測結果から求める場合に、弾性波パルスが伝播する金属棒端面に加速度センサを取り付けずに求めるようにしても良い。

【0084】

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から、軸線方向に沿って複数個設け、或いは、前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設け、各歪ゲージの出力信号に対して、波動の分散、減衰、音速値の不確かさ、加速度センサの質量、加速度センサの取り付け部分の影響、を補正するための補正関数をレーザ干渉計による計測結果から求める場合に、弾性波パルスが伝播する金属棒端面に加速度センサを取り付けた状態で求めるようにしても良い。

【0085】

また、波動の分散、波動の減衰、音速値の不確かさ、加速度センサの質量、ゲージの周波数応答などを補正する補正関数と、ゲージが貼り付けられた金属棒を個別の加速度センサに対応するための必要不可欠な交換部品セットとしても良い。

【発明の効果】

【0086】

本発明は上記のように構成したので、産業上において重要な分野で利用されている加速度センサについて、その分野で一般的に利用されている加速度値から、更に 10^6 m/s^2 程度迄の広い加速度範囲において、この加速度センサの動的線

形性を正確且つ容易に計測し、加速度センサの校正を容易に行うことができる。それにより加速度計測一次標準の確立に貢献できると共に、加速度計測二次標準の確立にも貢献することができ、加速度センサによる計測の信頼性が向上し、高衝撃加速度計測の信頼性が向上する。また、加速度センサの周波数特性評価の信頼性が向上し、加速度センサの動的線形性に関する国内規格が定められると共に、加速度センサの動的線形性に関する国際規格を定めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を実施するシステム概要を示す構成図である。

【符号の説明】

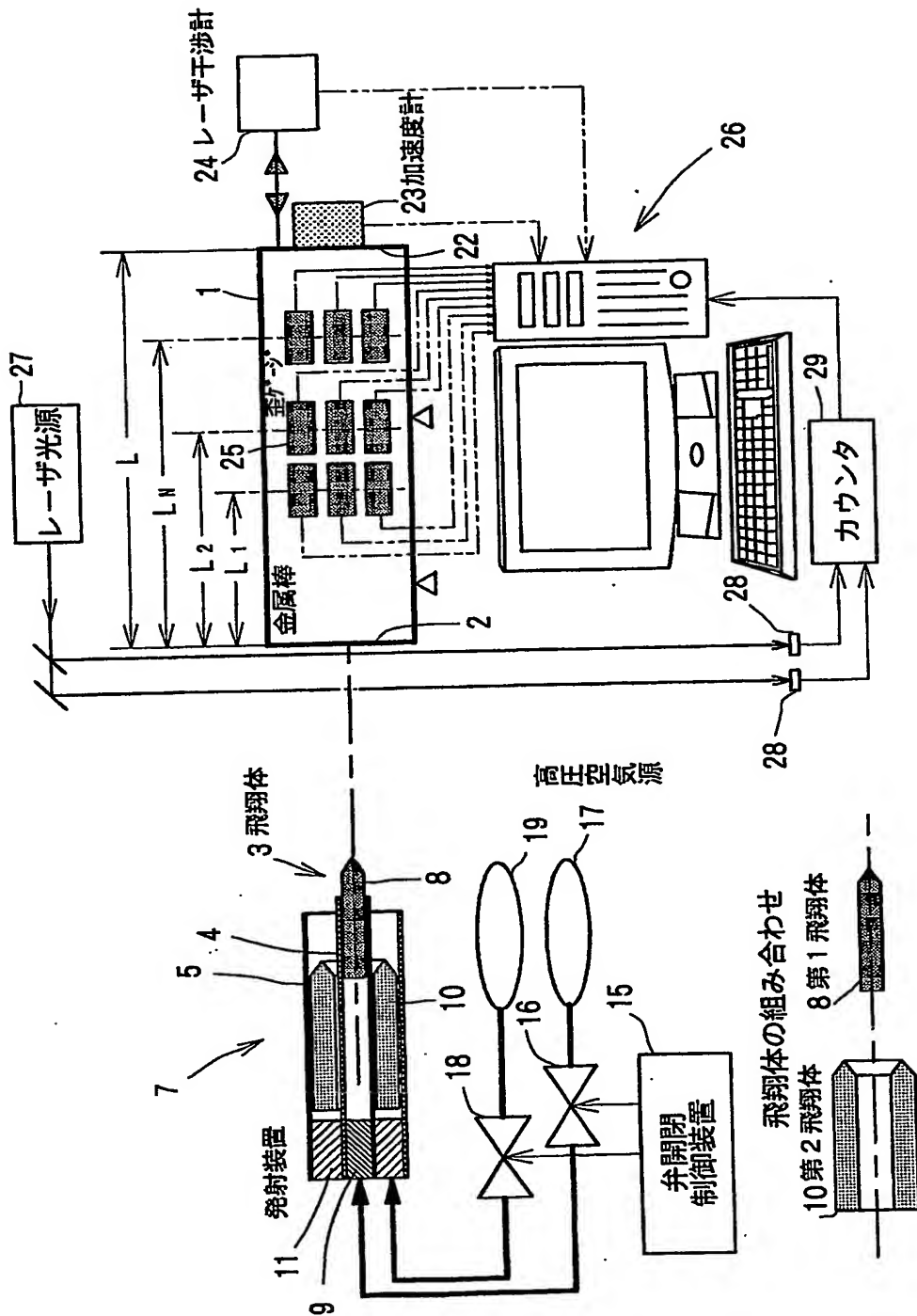
- 1 金属棒
- 2 第 1 端面
- 3 飛翔体
- 4 中心発射管
- 5 外側発射管
- 7 多重発射管
- 8 内側飛翔体
- 9 内側発射装置
- 10 外側飛翔体
- 11 外側発射装置
- 15 弁開閉制御装置
- 16 第 1 弁
- 17 第 1 高圧空気源
- 18 第 2 弁
- 19 第 2 高圧空気源
- 23 加速度センサ
- 24 レーザ干渉計
- 25 歪ゲージ
- 26 パソコン

27 レーザ光源

29 カウンタ

【書類名】 図面

【図1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 産業上において重要な分野で利用されている加速度センサについて、一般的に産業分野で利用されている加速度値から、さらに特殊な分野に必要な 10^6 m/s^2 程度迄の広い加速度範囲において、動的線形性を正確且つ容易に計測し、校正できるようにする。

【解決手段】 金属棒の一端部に二重発射管から同心円上の2個の飛翔体を単独に、及び同時に又は所定時間間隔で衝突させて金属棒内に弾性波パルスが発生させる。各飛翔体の衝突で発生した弾性波パルスが金属棒の他端部に到達したときに生じる端面の運動加速度を、加速度センサで計測し、また、前記端面の運動をレーザ干渉計で計測し、或いは金属棒側面に設けた歪ゲージで計測し、計測信号を演算し、また適宜補正を行う。その演算結果と加速度センサの計測値とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求める。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-097190
受付番号	50200461149
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成14年 4月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 3月29日

出願人履歴情報

識別番号

[301021533]

1. 変更年月日 2001年 4月 2日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都千代田区霞が関1-3-1
氏名 独立行政法人産業技術総合研究所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.